

PATENT ABSTRACTS OF JAPAN

(11)Publication number : 2003-023380

(43)Date of publication of application : 24.01.2003

(51)Int.Cl.

H04B 7/24

H04J 15/00

(21)Application number : 2002-118124

(71)Applicant : ARRAYCOMM INC

(22)Date of filing : 01.12.1995

(72)Inventor : BARRATT CRAIG H
PARISH DAVID M
ROY RICHARD H III

(30)Priority

Priority number : 1995 375848

Priority date : 20.01.1995

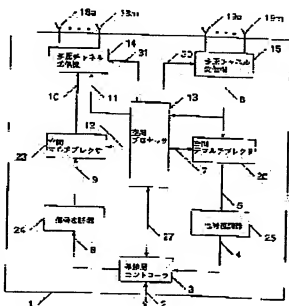
Priority country : US

(54) SPECTRALLY EFFICIENT HIGH CAPACITY WIRELESS COMMUNICATION SYSTEM

(57)Abstract:

PROBLEM TO BE SOLVED: To provide a wireless communication system, with which the capacity and performance of the wireless communication system are remarkably improved by using an antenna array and signal processing.

SOLUTION: The wireless system includes a network of base stations (1) for receiving uplink signals transmitted from a plurality of remote terminals (69) and for transmitting downlink signals to the remote terminals. Each of base stations (1) includes a plurality of antenna elements (18) for transmitting the downlink signals, a plurality of receiving antenna elements (19) for receiving the uplink signals and a processor (13) connected with the antenna elements for determining a spatial signature and multiplexing and demultiplexing functions. A multiple base station controller (66) is used for optimizing the network performance.



LEGAL STATUS

[Date of request for examination]

22.04.2002

[Date of sending the examiner's decision of rejection]

[Kind of final disposal of application other than the examiner's decision of rejection or application converted registration]

[Date of final disposal for application]

[Patent number]

[Date of registration]

(51) Int.Cl. ⁷	識別記号	F I	テマコード(参考)
H 0 4 B 7/24		H 0 4 B 7/24	Z 5 K 0 2 2
H 0 4 J 15/00		H 0 4 J 15/00	5 K 0 6 7

審査請求 有 請求項の数26 OL (全 22 頁)

- (21) 出願番号 特願2002-118124(P2002-118124)
 (62) 分割の表示 特願平8-52241の分割
 (22) 出願日 平成7年12月1日(1995.12.1)
 (31) 優先権主張番号 08/375, 848
 (32) 優先日 平成7年1月20日(1995.1.20)
 (33) 優先権主張国 米国 (US)

- (71) 出願人 500065211
 アーレイコム インコーポレイテッド
 アメリカ合衆国 カリフォルニア州
 95134 サン ホセ ザンカー ロード
 3141
 (72) 発明者 バラット クレイグ エイチ
 アメリカ合衆国 カリフォルニア州
 94062 レッドウッド シティー レイク
 ヴィュー ウェイ 1060
 (74) 代理人 100059859
 弁理士 中村 稔 (外6名)

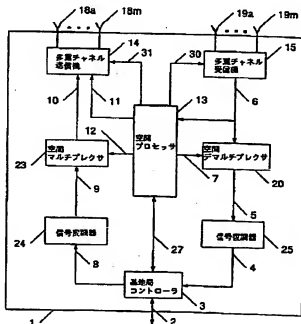
最終頁に続く

(54) 【発明の名称】 スペクトル的に効率的な大容量ワイヤレス通信システム

(57) 【要約】

【課題】 本発明は、アンテナアレイ及び信号処理を使用してワイヤレス通信システムの容量及び性能を劇的に向上させたワイヤレス通信システムを提供する。

【解決手段】 ワイヤレスシステムは、複数の遠隔端末(69)から送信されるアップリンク信号を受信し、遠隔端末へダウンリンク信号を送信する基地局(1)のネットワークを含む。各基地局(1)は、ダウンリンク信号を送信する複数のアンテナ素子(18)と、アップリンク信号を受信する複数の受信アンテナ素子(19)と、アンテナ素子に接続されていて空間シグネチャ、及び多重化及び逆多重化関数を決定するプロセッサ(13)を含む。ネットワーク性能を最適にするために多重基地局コントローラ(66)が使用される。



【特許請求の範囲】

【請求項 1】 アンテナアレイを使用する通信装置において、各々が特定の遠隔端末により送信される複数のアップリンク信号から第 1 アップリンク信号を分離する方法であって、

複数のアンテナ素子上で前記複数のアップリンク信号を受信し、前記複数のアップリンク信号のための空間非多重化重みの組を決定し、

第 1 アップリンク信号の推定を得るために空間処理重みを使用して前記複数のアップリンク信号を空間的に非多重化する、

各ステップを含む方法。

【請求項 2】 前記複数のアップリンク信号の 2 つ以上が、前記通信装置と通信するために同じ普通のチャネルを同時に共有する請求項 1 に記載の方法。

【請求項 3】 アンテナアレイを使用する通信装置において、各々が特定の遠隔端末により送信される複数のアップリンク信号から第 1 アップリンク信号を分離する方法であって、

複数のアンテナ素子上で前記複数のアップリンク信号を受信し、前記複数のアップリンク信号の各々に対応する空間シグネチャを決定し、

第 1 アップリンク信号の推定を得るために空間シグネチャを使用してアップリンク信号の組を空間的に非多重化する、

各ステップを含む方法。

【請求項 4】 前記複数のアップリンク信号の 2 つ以上が、前記通信装置と通信するために同じ普通のチャネルを同時に共有する請求項 3 に記載の方法。

【請求項 5】 アンテナアレイを使用する通信装置において、各々が特定の遠隔端末のために意図された複数のダウンリンク信号を複数の遠隔端末へ送信する方法であって、

空間多重化重みの組を決定し、

前記空間多重化重みに基づいて、前記複数のダウンリンク信号を空間的に多重化し、

前記空間的に多重化された複数のダウンリンク信号を送信する、

各ステップを含む方法。

【請求項 6】 前記空間的に多重化された複数のダウンリンク信号の 2 つ以上が、前記通信装置と通信するために同じ普通のチャネルを同時に共有する請求項 5 に記載の方法。

【請求項 7】 アンテナアレイを使用する通信装置において、各々が特定の遠隔端末のために意図された複数のダウンリンク信号を複数の遠隔端末へ送信する方法であって、

各々が前記複数の遠隔端末の特定の 1 つに対応している

空間シグネチャの組を決定し、

空間シグネチャの前記空間組に基づいて、前記複数のダウンリンク信号を空間的に多重化し、

前記空間的に多重化された複数のダウンリンク信号を送信する、

各ステップを含む方法。

【請求項 8】 前記空間的に多重化された複数のダウンリンク信号の 2 つ以上が、前記通信装置と通信するために同じ普通のチャネルを同時に共有する請求項 7 に記載の方法。

【請求項 9】 アンテナアレイを使用する通信装置において、空間シグネチャを決定する方法であって、遠隔端末に信号を送信し、

前記遠隔端末から前記遠隔端末により受信された時の前記信号に関連した信号強度の指示を受信し、

前記指示に基づいて前記遠隔端末に関連した空間シグネチャを決定する、

各ステップを含む方法。

【請求項 10】 前記空間シグネチャを使用して前記通信装置の前記アンテナアレイを修正するステップをさらに含む請求項 9 に記載の方法。

【請求項 11】 複数のアンテナ素子を含むアンテナアレイと、

複数の信号を空間的に処理するために前記アンテナアレイに接続された空間プロセッサと、

を含む遠隔端末。

【請求項 12】 前記複数の信号が前記遠隔端末により受信され、そして前記空間プロセッサが前記複数の信号から第 1 信号を推定するために複数の信号に対応した空間非多重化重みを決定するための手段を含む請求項 11 に記載の遠隔端末。

【請求項 13】 前記複数の信号が前記遠隔端末により受信され、そして前記空間プロセッサが前記複数の信号から第 1 信号を推定するために複数の信号に対応した空間シグネチャを決定するための手段を含む請求項 11 に記載の遠隔端末。

【請求項 14】 複数の遠隔端末へ多重化されたダウンリンク信号を送信するための複数のアンテナ素子及び 1 つ以上の送信機を有する送信サブシステムと、

前記複数の遠隔端末の各々に対して空間シグネチャを生成し、そして前記空間シグネチャ及びダウンリンク信号を使用して前記多重化されたダウンリンク信号を生成するための 1 つ以上の空間プロセッサと、を含む、

前記送信サブシステムは前記複数の遠隔端末へ前記ダウンリンク信号を共通のダウンリンク信号チャネル上に同時に送信することを特徴とする基地局。

【請求項 15】 前記空間プロセッサが、前記空間シグネチャ及びダウンリンク信号を使用して前記多重化されたダウンリンク信号を生成するための空間多重化手段を含む請求項 14 に記載の基地局。

【請求項16】 前記空間プロセッサが、複数のダウンリンク・チャネルの少なくとも1つに割当てられた遠隔端末のリストを含む活動的遠隔端末リストを含む請求項14に記載の基地局。

【請求項17】 前記空間プロセッサが、前記複数の遠隔端末の内の各遠隔端末及び前記複数のダウンリンク・チャネルの内の各チャネルとに関連して生成された空間シグネチャのリストを含む空間シグネチャ・リストを含む請求項16に記載の基地局。

【請求項18】 前記空間プロセッサが、前記活動的遠隔端末リスト及び前記空間シグネチャ・リストに接続されて、少なくとも部分的に空間シグネチャ情報に基づいて前記活動的遠隔端末リスト内の各遠隔端末に対して前記複数のダウンリンク・チャネルの内の少なくとも1つのチャネルへのチャネル割当てを決定するためのチャネル選択器を含む請求項17に記載の基地局。

【請求項19】 前記空間プロセッサが、前記複数の遠隔端末の内の各遠隔端末及び複数のダウンリンク・チャネルの内の各チャネルとに関連して生成された空間シグネチャのリストを含む空間シグネチャ・リストを含む請求項14に記載の基地局。

【請求項20】 前記空間プロセッサが、少なくとも部分的に空間シグネチャ情報に基づいて前記基地局よりサービスされる各遠隔端末に対してチャネル割当てを決定するためのチャネル選択器を含む請求項14に記載の基地局。

【請求項21】 前記空間プロセッサが、ダウンリンク・チャネルが割当てられたいくつかの活動的遠隔端末の各々に対して空間多重化重みを計算するための空間重みプロセッサを含む請求項14に記載の基地局。

【請求項22】 前記空間重みプロセッサに接続されて、前記多重化されたダウンリンク信号を生成するために前記計算された空間多重化重み及びダウンリンク信号を使用する多重化器をさらに含む請求項21に記載の基地局。

【請求項23】 複数の送信アンテナ及び送信機を含む送信システムを有する基地局によりサービスされる複数の遠隔端末の各々と関連した空間シグネチャを生成し、

多重化されたダウンリンク信号を生成するために前記複数の遠隔端末の少なくとも1つと小組と関連したダウンリンク信号及び空間シグネチャを多重化し、

前記送信システムを經由して同時に共通のダウンリンク・チャネル上に前記複数の遠隔端末へ前記多重化されたダウンリンク信号を送信する、ことを含む方法。

【請求項24】 前記空間シグネチャを生成すること、が、

関連した遠隔端末が特定のチャネルに対して基地局の各アンテナからどれだけ信号を受信するかを量的に特徴付けることを含む請求項23に記載の方法。

【請求項25】 ダウンリンク・チャネルが割当てられた基地局にサービスされる複数の活動的遠隔端末の各々に対して空間多重化重みを計算することを含む請求項23に記載の方法。

【請求項26】 前記計算された空間多重化重みが、前記多重化されたダウンリンク信号を生成するために関連したダウンリンク信号へ適用される請求項25に記載の方法。

【発明の詳細な説明】

【0001】

【発明の属する技術分野】 本発明はワイヤレス通信システムに関し、より詳しく述べれば、アンテナレイ及び信号処理を使用してワイヤレス通信システムの容量及び性能を劇的に向上させることに関する。

【0002】

【従来の技術】 ワイヤレス通信システムは、普通の有線システムで使用できないか、信頼できないか、または高額過ぎるような領域において、普通の有線通信システムを補足するために、及び若干の場合にはそれらの代わりとして使用することができる。

【0003】 これらの領域の例は、広い地域に少数のユーザが広がっている田舎領域、既存基礎構造が殆ど、または全く存在しない未開発領域、信頼性が重要視されるにも拘わらず有線基礎構造が信頼できないような応用、及び独占的有線サービスプロバイダが人為的に高価格を維持しているような政治的環境である。大都市領域及び高度に発展した国においてさえワイヤレス通信システムは、低価格で存在する通信、新しい柔軟なデータサービス、及び緊急通信システムとして使用することができる。一般的には、ワイヤレス通信システムは、普通の電話システムのような音声通信に、及び無線をベースとする広域ネットワークまたはローカルエリアネットワークにおけるデータ通信に使用することができる。

【0004】 ワイヤレスユーザは、セルラ電話機及び無線トランシーバを装備したデータモデムのような遠隔端末を使用してワイヤレス通信システムにアクセスする。これらのシステム（及び、特に遠隔端末）は、開始呼出し、受信呼出し、及び情報の一般転送のためのプロトコルを有している。情報転送は、回線交換音声変換及びファックスの場合におけるように実時間で、または電子メール、ページング、及び他の類似メッセージ転送システムの場合に屢々行われているように蓄積交換（ストア・アンド・フォワード）方式で遂行することができる。

【0005】 一般にワイヤレス通信システムには、それらの動作に対して無線周波数スペクトルの一部分が割当てられる。スペクトルの割当てられた部分は、複数の通信チャネルに分割される。これらのチャネルは、周波数

によって、時間によって、コードによって、またはそれらのある組合わせによって区別することができる。本明細書においては、これらの各通信チャネルを「普通のチャネル」という。使用可能な周波数割当てに依存して、ワイヤレスシステムは 1乃至数百の通信チャネルを有することができる。全二重通信リンクを得るために、典型的には、若干の通信チャネルが基地局からユーザ遠隔端末への通信（ダウンリンク）のために使用され、他の通信チャネルがユーザ遠隔端末から基地局への通信（アップリンク）のために使用される。

【0006】ワイヤレス通信システムは、一般に 1つまたはそれ以上の無線基地局を有しており、各基地局は、セルとして知られている地理的領域に対してカバレッジを提供し、また公衆交換電話回線網（PSTN）のような広域ネットワークへの接続を提供するポイント・オブ・プレゼンス（PoP）として働くことが多い。システムのユーザが経験する遅延の大きさを最小にすることを企図して、使用可能な通信チャネルの所定の部分集合を各無線基地局に割当てることが多い。そのセル内において無線基地局は、各遠隔端末毎に異なる普通の通信チャネルを使用することによって、多くの遠隔端末と同時に通信することができる。

【0007】上述した基地局は、1つまたはそれ以上の有線通信システムへの接続を提供する PoP として働く。これらのシステムは、ローカルデータネットワーク、広域データネットワーク、及び PSTN を含む。従って、遠隔ユーザには、ローカル及び/または広域データサービス、及びローカル公衆電話システムへのアクセスが提供される。基地局は、ローカルエリア緊急通信システム及び戦場移動通信システムにおけるように有線ネットワークへ直接的にアクセスすることをせずに、ローカル接続性を提供するためにも使用される。基地局は、いろいろな種類の接続性を提供することができる。上例においては、2人のユーザ間をほぼ等量の情報量が両方向に流れるような二地点間通信を想定している。対話形テレビジョンのような他の応用では、情報が全てのユーザへ同時に放送され、多くの遠隔ユニットからのレスポンスが基地局において処理される。

【0008】

【発明が解決しようとする課題】しかしながら、普通のワイヤレス通信システムは、スペクトル的に比較的低効率である。普通のワイヤレス通信システムにおいては、一時的に 1つの遠隔端末だけがあるセル内の何れか 1つの普通のチャネルを使用できる。もしセル内の 1つより多くの遠隔端末が同時に同一チャネルを使用しようとするれば、それらの遠隔端末に関連付けられたダウンリンク及びアップリンクが互いに干渉し合う。普通の受信機技術はこれらの組合わされたアップリンク及びダウンリンク信号の混信を排除することはできないから、混信が存在する場合、遠隔端末は基地局との有効な通信に使用する

ことができない。従って、システムの合計容量は基地局が使用できる普通のチャネルの数によって制限され、総合システムにおいてはこれらのチャネルを複数のセルの間で再使用する方法によって制限される。従って、普通のワイヤレスシステムは、有線通信システムの容量とはとても比較できない容量しか使用することができない。

【0009】

【課題を解決するための手段】従って、本発明の目的は、アンテナアレイ及び信号処理を使用して、受信（アップリンク）信号の組合わせを分離することである。本発明の別の目的は、空間的に多重化したダウンリンク信号を伝送することである。その結果として、ワイヤレス通信システムのスペクトル的な効率、容量、信号の質、及びカバレッジが劇的に向上する。容量は、互いに混信させることなくセル内の同一の普通の通信チャネルを複数のユーザが同時に共用できるようにすることによって、更に、多くのセルをカバーしている地理的領域内の同一の普通のチャネルをより頻りに再使用できるようにすることによって増大する。信号の質及びカバレッジエリアは、複数のアンテナ素子から受信され、それらによって送信される信号を知的に処理することによって改善される。更に、本発明のさらなる目的は、普通のチャネルを基地局及び遠隔端末の間に動的に割当てることによって容量利得を提供することである。

【0010】要約すれば本発明は、ワイヤレス通信システムの容量、信号の質、及びカバレッジを向上させ、総合システム費用を低減させるために、ワイヤレス通信システム内の受信機及び送信機の空間シグネチャを測定し、計算し、格納し、そして使用するためのアンテナアレイ及び信号処理手段を備えている。アンテナアレイ及び信号処理手段は、基地局（PoP）及び遠隔端末において使用することができる。一般的に言えば、普通は限定された数の通信リンクだけが管理されている遠隔端末よりも多くの信号が集中する基地局において、異なる処理要求が存在し得る。

【0011】一つの例として、ワイヤレスローカルループ応用において、特定の基地局は、多くの遠隔端末のための PoP として役立つことができ、以下に説明するアンテナアレイ及び信号処理を使用する。更に、より少ない通信リンクを操作するより簡単な遠隔端末の容量及び信号の質を更に改善するために、遠隔端末はアンテナアレイ及び信号処理を使用することができる。ここに、基地局と遠隔端末との差は、一般に基地局は多数の遠隔ユニットと同時に接続され、多分広域ネットワークへの大容量接続を提供する集信装置として働くことである。明確化の目的から以下の説明の殆どはアンテナアレイを使用しない簡単な遠隔端末についてであるが、本発明はこのような応用に限定されるものではないことを理解されたい。例えば、本明細書では空間シグネチャを主として、遠隔端末においてアンテナアレイを使用し時の遠

隔端末に関係付けているが、基地局も同様に空間シグネチャを有している。

【0012】要約すれば、特定の周波数チャネル上の各遠隔端末/基地局対には2つの空間シグネチャが関連付けられ、説明の目的から、基地局だけがアンテナアレイを有しているものとする。基地局は、それらのセル内の各遠隔端末を、基地局のアンテナアレイが送信した信号を遠隔端末がどのように受信したのかに関係がある空間シグネチャと、遠隔端末が送信した信号を基地局の受信アンテナアレイがどのように受信したのかに関係が*10

$$a_{ij} = [a_{ij}(1), a_{ij}(2), \dots, a_{ij}(m)]^T \quad (1)$$

である。ここに $a_{ij}(1)$ は、遠隔端末から送信された信号の単位電力に対するi番目の受信機のレスポンスであって

$$z_i(t) = a_{ij} s_i(t - \tau) + n_i(t)$$

によって与えられる。ここには、遠隔端末と基地局アンテナアレイとの間の平均伝播遅延を斟酌するものであり、 $n_i(t)$ は環境及び受信機内に存在する雑音を表している。

【0014】送信空間シグネチャは、特定の普通のチャネル内の基地局の各アンテナアレイからの信号を遠隔端末*20

$$a_{ij} = [a_{ij}(1), a_{ij}(2), \dots, a_{ij}(m)]^T \quad (3)$$

である。ここに $a_{ij}(1)$ は、基地局アレイ内のi番目の素子から送信された単位電力信号に対する遠隔端末受信機出力の振幅及び位相(ある固定された基準に対する)☆

$$z_i(t) = a_{ij} s_i(t - \tau) + n_i(t)$$

によって与えられる。ここには、環境及び受信機内に存在する雑音を表している。これらの空間シグネチャは、そのセル内の各遠隔端末毎に、及び各普通のチャネル毎に各基地局において計算(推定)され、格納される。固定された遠隔端末、及び静止環境内の基地局の場合、空間シグネチャは稀に更新することができる。しかしながら一般的には、基地局と遠隔端末との間の無線周波数伝播環境の変化がシグネチャを変化させ、それらを更新することを要求することがあり得る。以下の説明では、括弧内の時間独立変数は省略し、括弧内の整数は単にベクトル及び行列内への索引のためだけに使用する。

【0015】以上の説明では、受信機と送信機とが時間的に整合しているものとしていた。もし時間的なレスポンスに差が存在すれば、これらは公知の時間遅延技術を使用して等化させることができる。またチャネル帯域幅は、動作の中心周波数に比して狭いものとした。公知のように、広い帯域幅のチャネルは、出力を正確に記述するためには1つより多くの複素ベクトルを必要とする。

【0016】1つより多くの遠隔端末が同時に通信することを望む場合には、基地局における信号処理手段が遠隔端末の空間シグネチャを使用して、それらの部分集合が普通のチャネルを共用することによって同時に基地局と通信できるかを決定する。m受信及びm送信アンテナ素子を有するシステムでは、mまでの遠隔端末が同

*ある第2の空間シグネチャとに関連付ける。多くの普通のチャネルを有するシステムでは、各遠隔端末/基地局対は、各普通のチャネル毎に送信及び受信空間シグネチャを有している。

【0013】受信空間シグネチャは、基地局アンテナアレイが、特定の普通のチャネル内の特定の遠隔ユニットからの信号をどのように受信したかを特徴付けている。一実施例では、それは各アンテナ素子受信機のレスポンス(ある基準に対する振幅及び位相)を含む複素ベクトルであり、m素子アレイの場合には、

$$(1)$$

※。狭帯域信号 $s_i(t)$ が遠隔端末から送信されるものとすれば、時点tにおける基地局受信機の出力は、

$$(2)$$

★末がどのように受信したかを特徴付けている。一実施例では、それは遠隔受信機出力内に含まれている各アンテナ素子送信機出力の相対量(ある基準に対する振幅及び位相)を含む複素ベクトルであり、m素子アレイの場合には、

$$(3)$$

☆である。複素信号 $s_i = [s_i(1), \dots, s_i(m)]^T$ のベクトルがアンテナアレイから送信されたものとなれば、遠隔端末受信機の出力は、

$$(4)$$

時に同一の普通のチャネルを共用することができる。

【0017】多数の遠隔端末が単一の普通のアップリンクチャネルを共用する場合には、基地局における多数のアンテナ素子が各々、到着するアップリンク信号及び雑音の組合わせを測定する。これらの組合わせは、アンテナ素子の相対位置、遠隔端末の位置、及び無線周波数伝播環境によりもたらされる。信号処理手段は、空間逆多重化重みを計算し、多数のアンテナ素子によって測定されたアップリンク信号の組合わせからアップリンク信号を分離することができる。

【0018】異なるダウンリンク信号が基地局から遠隔端末へ送られるような応用では、信号処理手段は、空間多重化重みを計算する。これは、多重化ダウンリンク信号を発生させるのに使用され、また基地局のアンテナ素子から送信された時に、各遠隔端末において正しいダウンリンク信号が適切な信号の質をもって受信されるようになる。

【0019】同一の信号が基地局から多数の(アンテナ素子の数よりも多くの)遠隔端末へ送られるような応用では、信号処理手段は、全ての遠隔端末に到達させるのに必要なエリアをカバーする信号の放送に適切な重みを計算する。従って、信号処理手段は、同一の普通のチャネル上の基地局と複数の遠隔端末との間の同時通信を容易にする。普通のチャネルは、周波数チャネル、時間分割多重化システムにおけるタイムスロット、コード分割多

重化システムにおけるコード、またはそれらの何れかの組合せであることもできる。

【0020】一実施例では、単一アンテナアレイの全ての素子が無線周波数信号を送信し、受信する。一方別の実施例では、アンテナアレイは分離した送信アンテナ素子及び受信アンテナ素子を含んでいる。送信及び受信素子の数は同一である必要はない。もしそれらが同一でなければ、1つの普通のチャンネル内に同時に確立できる二地点間リンクの最大数は両素子の数の小さい方の数によって与えられる。

【0021】本発明、及びその目的及び特色は以下の添付図面に基づく詳細な説明から明白になるであろう。

【0022】

【発明の実施の形態】図1は、基地局1の好ましい実施例を示す。基地局コントローラ3は、基地局1と基地局通信リンク2を介して何らかの外部接続との間インタフェースとして動作し、基地局1の総動作を調整させるのに役立つ。好ましい実施例では、基地局コントローラ3は、普通の中央処理ユニット、及び付属メモリ及びプログラミングで実現されている。

【0023】到来するまたはアップリンク無線伝送は、複数の受信アンテナ素子19(a,...,m)からなるアンテナアレイにより受信され、各受信アンテナ素子19の出力は、位相同期化された多重チャネル受信機15のバンク内のm多重チャネル受信機の1つに接続される。多重チャネル受信機15は、関心周波数帯域にまたがる振幅及び位相レスポンスが十分に整合しているか、または公知のように、何らかの差を斟酌するように接続フィルタが実現されている。

【0024】図示実施例は、普通の周波数分割多重アクセスシステムを示している。各多重チャネル受信機は、複数の周波数チャネルを処理することができる。受信機が処理できる普通の周波数チャネルの最大数を記号Nccで表すことにする。ワイヤレス通信システムの動作のために割当てられた周波数、及び特定の通信リンクのために選択された帯域幅に依存して、Nccは1のように小さく(単一の周波数チャネル)するか、または10000のように大きくすることができる。代替実施例では多重チャネル受信機15は、代わりの、複数のタイムスロット、複数のコード、またはこれらの公知の多くのアクセス技術のあらゆる組合せを処理することができる。

【0025】各普通のチャネルにおいては、各受信アンテナ素子19(a,...,m)は、この普通のチャネルを共用している遠隔端末から到着するアップリンク信号の組合せを測定する。これらの組合せは、アンテナ素子の相対位置、遠隔端末の位置、及び無線周波数伝播環境によってもたらされ、狭帯域信号の場合は式(2)によって与えられる。

【0026】図2は、基地局において使用される各普通の周波数チャネル毎に1つずつの複数のアンテナ素子接

続受信機共通周波数受信機29、及び受信信号の測定6を有する個々の多重チャネル受信機16(a,...,m)を示している。受信機共通周波数受信機29は、受信アンテナ素子19(a,...,m)からの信号がコヒーレントに基地局にダウン変換されるようにしており、そのNcc周波数は多重チャネル受信機16(a,...,m)が全ての関心Ncc周波数チャネルを抽出するように設定されている。受信機共通周波数受信機29の周波数は、受信機制御データ30を介して空間プロセッサ13(図1)によって制御される。多重周波数チャネルの全てが、ある連続周波数帯域内に含まれているような代替実施例では、共通周波数受信機は全帯域をダウン変換するために使用され、ダウン変換された信号はデジタル化され、デジタルフィルタ及びデシメータが公知の技術を使用してチャネルの所望の部分集合を抽出する。

【0027】図示実施例は周波数分割多重アクセスシステムを示している。時刻分割多重アクセスシステムまたはコード分割多重アクセスシステムでは、共通周波数受信機29は、空間プロセッサ13から受信機制御データ30を介して多重チャネル受信機16(a,...,m)へそれぞれ共通タイムスロットまたは共通コード信号を中継するように増補されよう。これらの実施例では、多重チャネル受信機16(a,...,m)は基地局へのダウン変換の他に、普通の時刻分割チャネルまたは普通のコード分割チャネルの選択を遂行する。

【0028】再度図1を参照する。多重チャネル15が発生する受信信号測定6は、空間プロセッサ13及び1組の空間デマルチプレクサ20へ供給される。この実施例では、受信信号測定6は、各Ncc周波数チャネル毎にm複素ベースバンド信号を含んでいる。

【0029】図6は、空間プロセッサ13のより詳細なブロック線図である。空間プロセッサ13は、各普通の周波数チャネル毎の各遠隔端末毎に空間シングネチャを発生して維持し、空間デマルチプレクサ20及び空間マルチプレクサ23が使用する空間多重化重み及び空間逆多重化重みを計算する。好ましい実施例では、空間プロセッサ13は、普通の中央処理ユニットを使用して実現されている。受信信号測定6は空間シングネチャリスト内に格納され、チャネルセクタ35及び空間重みプロセッサ37によって使用される。空間重みプロセッサ37は、逆多重化重み7及び多重化重み12も発生する。空間プロセッサコントローラ33は空間重みプロセッサ37に接続されており、受信機制御データ30、送信機制御データ31、及び空間制御データ27をも発生する。

【0030】再び図1を参照する。空間デマルチプレクサ20は、空間逆多重化重み7に従って受信信号測定6を組合わせる。図3は単一の普通のチャネルのための空

間マルチプレクサ20を示している。この実施例では、空間マルチプレクサ20の算術演算は、汎用演算チップを使用して遂行される。図3において、 $z_i(i)$ は単一の普通のチャネルの受信信号測定ベクトル6の*i*番目の成分を表し、 $w_{r,i}(i)$ はこの普通のチャネルを使用している遠隔端末のための空間多重化重みベクトル7*

$$w_{r,i}, z_i = w_{r,i}^*(1)z_i(1) + \dots + w_{r,i}^*(m)z_i(m) \quad (5)$$

ここに、 $(\cdot)^*$ は複素共役を表し、括弧内の数字は要素番号を表し(例えば、 $w_{r,i}^*(i)$ はベクトル $w_{r,i}$ の*i*番目の成分である)、乗算は乗算器22(a, \dots, m)によって遂行され、そして加算は加算器21によって遂行される。各普通のチャネル上の各遠隔端末毎に式(5)によって与えられる加算器21の出力は空間的に分離されたアップリンク信号5からなる。

【0033】再度図1を参照する。空間マルチプレクサ20の出力は、基地局と通信している各遠隔端末毎の空間的に分離されたアップリンク信号5である。空間的に分離されたアップリンク信号5は信号復調器25によって復調され、基地局と通信している各遠隔端末毎の復調された受信信号4にされる。復調された受信信号4及び対応する空間制御データ27は基地局コントローラ3へ印加される。遠隔端末が送った信号のチャネルコーディングが遂行されるような実施例においては、基地局コントローラ3は復調された受信信号4を空間プロセッサ13へ送り、空間プロセッサ13は公知のデコーディング技術を使用してビット誤り率(BER)を推定し、それらを遠隔端末データベース36内に格納されている受入れ可能なしきい値と比較する。もしBERが受入れられなければ、空間プロセッサ13は問題を解消するように資源を再割当てる。一実施例では、受入れられないBERを有するリンクは、新しいユーザを追加すると同じ戦略を使用して新チャネルに割当てられる(但し、その特定のチャネルの現在のユーザの集合が変化しない限り現チャネルは受入れられない)。更に、その普通のチャネルが使用可能である時には、その遠隔端末/基地局のための受信シグネチャの再校正が遂行される。

【0034】送信の場合、信号変調器24は、基地局が送信する各遠隔端末毎に被変調信号9を発生し、各遠隔端末毎に1組の空間多重化重み12が空間マルチプレクサ

*の*i*番目の複素共役を表す。

【0031】空間マルチプレクサ20は、各普通のチャネル上の各遠隔端末毎に、受信信号測定6を用いて普通のチャネルの空間逆多重化重み7の内積を計算する。

【0032】

※サ23内のそれぞれの被変調信号に適用され、各*m*送信アンテナ18(a, \dots, m)及びNccの各普通のチャネル毎に、送信される空間的に多重化された信号が生成される。

【0035】図示の実施例では、ダウンリンクの普通のチャネルの数Ncdは、アップリンクの普通のチャネルの数Nccと同数である。他の実施例では、アップリンクの普通のチャネルとダウンリンクの普通のチャネルとはチャネルの数が異なっても差し支えない。更に、チャネルは、ダウンリンクが広帯域ビデオチャネルからなり、アップリンクが狭帯域オーディオ/データチャネルを使用している対話形テレビジョン応用の場合のように、異なる形及び帯域幅であることもできる。

【0036】また図示実施例は、送信及び受信のアンテナ素子が同数*m*であるとして示されている。他の実施例では、送信アンテナ素子の数と受信アンテナ素子の数は、送信のために1つの送信アンテナ素子だけを無指向性で使用する(対話形テレビジョン応用におけるような)場合まで、及びそれを含むように異ならせることができる。

【0037】図4は、特定の普通のチャネル上の1つの遠隔端末のための空間マルチプレクサを示している。空間マルチプレクサ23における算術演算は、汎用演算チップを使用して遂行される。この普通のチャネル上のこの遠隔端末のために予定された被変調9の成分は s_i で表され、また $w_{r,i}(i)$ はこの普通のチャネル上のこの遠隔端末のための空間多重化重みベクトル12の*i*番目の成分を表している。各普通のチャネル上の各遠隔端末毎に、空間マルチプレクサ23は、その空間多重化重みベクトル(空間多重化重み12から)と、その被変調信号 s_i (被変調信号9から)との積を計算する。

【0038】

$$w_{r,i}^* \cdot s_i = \begin{bmatrix} w_{r,i}^*(1) s_i \\ \vdots \\ w_{r,i}^*(m) s_i \end{bmatrix} \quad (6)$$

ここに(・)は複素共役(転置)であり、乗算は乗算器26(a,...,m)によって遂行される。各普通のチャネル毎に、この普通のチャネル上で送信されている各遠隔端末毎の空間マルチプレクサ23によって式(6)が評価される。各遠隔端末に対応しているのは、異なる多重化重みベクトル及び被変調信号である。各普通のチャネル毎に、空間マルチプレクサ23は、この普通のチャネル上で送信されている各遠隔端末毎の空間的に多重化された信号を加算し、各アンテナから普通のダウンリンクチャネル毎に送信される信号である変調された、そして空間的に多重化された信号10を生成する。

【0039】変調された、そして空間的に多重化された信号10は、m位相コヒーレント多重チャネル送信機14のバンクへ入力される。多重チャネル送信機14は、関心周波数帯域にまたがって十分に整合した振幅及び位相レスポンスを有しているか、または公知のように、何等かの差を斟酌するように補正フィルタが実現されているかの何れかである。図5は、アンテナ接続、送信機共通局部発振器32、及びデジタル入力10を有する多重チャネル送信機17(a,...,m)を示している。送信機共通局部発振器32は、送信アンテナ18

(a,...,m)による送信中に、空間的に多重化された信号10の相対位相を保存するようにしている。送信機共通局部発振器32の周波数は、送信機制御データ31を介して空間プロセッサ13(図1参照)によって制御される。

【0040】代替実施例では、空間マルチプレクサ23は公知のベースバンド多重化技術を使用して、送信される計算済の普通のチャネル信号の全てを、変調されずに各多重チャネル送信機17(a,...,m)から送信される単一の広帯域信号に多重化する。この多重化は、適切に、デジタル的に、またはアナログで遂行することができ。

【0041】図示実施例は、多重周波数チャネルを有するシステムを示している。時分割多重アクセスまたはコード分割多重アクセスシステムでは、共通発振器32は、空間プロセッサ13から送信機制御データ31を介して多重チャネル送信機17(a,...,m)へそれぞれ共通タイムスロットまたは共通コード信号を中継するように増補される。

【0042】再度図1を参照する。送信空間シグネチャが要求されるような応用では、空間プロセッサ13は、特定の普通のダウンリンクチャネル上の各アンテナ毎に所定の較正信号11を送信することもできる。空間プロセッサ13は、送信機制御データ31を介して多重チャネル送信機17(a,...,m)に(特定の普通のダウンリンクチャネルのための空間的に多重化された信号10の代わりに)所定の較正信号を送信するように指令する。これは、この普通のダウンリンクチャネル上の遠隔端末の送信空間シグネチャを決定するために使用される

1つのメカニズムである。

【0043】遠隔端末に送信される信号をエンコードするために公知のチャネルコーディング技術が使用されるような代替実施例では、遠隔端末は公知のデコーディング技術を使用してBERを推定し、それをアップリンクチャネルを通して基地局へ送り返す。もしこれらのBERが受入れ可能な限度を超えていれば、補正動作が行われる。一実施例では、この補正動作は、新しいユーザを追加すると同じ戦略を使用することによって資源を再割当てすることを含む(但し、その特定のチャネルの現在のユーザの集合が変化しない限り現チャネルは受入れられない)。更に、その普通のチャネルが使用可能である時には、その遠隔端末/基地局対のための送信シグネチャの再較正が遂行される。

【0044】図7は、音声通信を提供する遠隔端末内の成分配列を示している。遠隔端末のアンテナ38は、アンテナ30を送信及び受信の両方のために使用できるようにデュプレクサ40に接続されている。代替実施例では、分離した受信アンテナ及び送信アンテナを使用してデュプレクサ40の必要性を排除している。受信及び送信は同一周波数チャネルで行われるが時間を異ならせるような別の代替実施例では、公知のようにデュプレクサ40の代わりに送信/受信(TR)スイッチを使用している。デュプレクサ40の出力41は受信機42への入力として役立っている。受信機42はダウン変換された信号43を発生し、この信号は復調器45へ入力される。復調された受信音声信号61はスピーカ60へ入力される。

【0045】復調された受信制御データ46は、遠隔端末中央処理ユニット(CPU)62へ供給される。復調された受信制御データ46は、呼出し準備及び終了中に基地局1からデータを受信するために使用される。代替実施例では、遠隔端末が受信する信号の質(BER)を決定して上述したように基地局へ送り返すために使用される。

【0046】遠隔端末CPU62は標準マイクロプロセッサを使用して実現されている。遠隔端末CPU62は、遠隔端末の受信チャネルを選択するための受信機制御データ57、遠隔端末の送信チャネル及び電力レベルを設定するための送信機制御データ56、送信される制御データ52、及び遠隔端末ディスプレイ50のためのディスプレイデータ49をも生成する。また遠隔端末CPU62は、遠隔端末キーボード47からキーボードデータ48を受信する。

【0047】マイクロホン58から送信される遠隔端末の音声信号59は、変調器51へ入力される。送信される制御データ52は遠隔端末CPU62によって供給される。送信される制御データ52は、呼出し準備及び終了中に基地局1へデータを送信するために、並びに呼出しの質の測定(例えば、ビット誤り率(BER))の

ような呼出し中の情報を送信するために使用される。変調器51が出力する送信される被変調信号53は送信機54によってアップ変換され、増幅されて送信機出力信号55にされる。送信機出力55は、アンテナ39によって送信するためにデュプレクサ40へ入力される。

【0048】代替実施例では、遠隔端末はデジタルデータ通信を行う。復調された受信音声信号61、スピーカ60、マイクロホン58、及び送信される音声信号59は、外部データ処理デバイス（例えば、コンピュータ）との間にデータの送受信を可能にする公知のデジタルインタフェースに置換されている。

【0049】再び図7を参照する。遠隔端末CPU62によって制御される（スイッチ制御信号64を通して）スイッチ63を介して、受信データ43を基地局へ送り返すことができる。遠隔端末が基地局によって校正モードに入ること指令されている場合には、遠隔端末CPU62はスイッチ制御信号64をトリグラーせ、それにより受信データ43を送信機54を駆動するようにスイッチ63に指令する。

【0050】図8は、遠隔端末較正機能の代替実施例を示している。図7のスイッチ63は最早使用されていない。その代わりとして受信機42の出力は、データ接続44によって遠隔端末CPU62に供給される。通常動作中は、遠隔端末CPU62はデータ接続44を監視する。校正モード中は、遠隔端末CPU62は、データ接続44を使用して遠隔端末の送信空間シグネチャを計算し、送信空間シグネチャは送信される制御データ52として変調器51及び送信機54を通して基地局1へ送り返される。

【0051】代替実施例では、遠隔端末に特別な校正手順は必要としない。多くの普通のワイヤレスプロセッサ標準においては、遠隔端末は受信信号強度または受信信号の質を定期的に基地局へ報告するようになっている。この実施例では、上述したような遠隔端末の送信空間シグネチャを計算するに受信信号強度報告で十分である。

【0052】

【本発明の動作】一般原理—基地局

多くの点で、図1に示すスペクトル的に効率的な基地局は、標準ワイヤレス通信システム基地局に極めて類似の挙動をする。主要な差は、スペクトル的に効率的な基地局が、普通の通信チャネルが有しているより多くの、より類似した会話を支援することである。普通の通信チャネルは、周波数チャネル、時チャネル、コードチャネル、またはそれらの組合せであることができる。空間マルチプレクサ/デマルチプレクサは、これらの各普通のチャネル上に多重空間チャネルを許容することによってシステム容量を増加させる。更に、多重受信アンテナからの信号を組合せることによって、空間マルチプレクサ20は空間的に分離したアップリンク信号5を

生し、それにより標準基地局に比して信号対雑音比が実質的に改善され、混信が減少し、そして多重経路環境における質が改善されるようになる。

【0053】図示実施例においては、アンテナアレイ及び空間信号処理を組み入れた複数の遠隔端末及び基地局からなるワイヤレス通信システムが説明される。これらのシステムは、例えばローカルPSTNへのワイヤレスアクセスを提供する応用を有している。情報転送（または、呼出し）は、遠隔端末によって、または基地局3を通して通信リンク2によって開始される。公知のように、呼出し初期化がダウンリンク及びアップリンク制御チャネル上で行われる。本実施例では、ダウンリンク制御チャネルは、送信アンテナ18(a, ..., m)を使用して送信される。代替実施例では、ダウンリンク制御チャネルは、単一の無指向性アンテナから放送される。基地局コントローラ3は呼出し内に含まれている遠隔端末の識別を空間プロセッサ13へ引渡し、空間プロセッサ13は格納されているその遠隔端末の空間シグネチャを使用して、その遠隔端末がどの普通の通信チャネルを使用すべきかを決定する。選択されたチャネルが既に幾つかの遠隔端末によって占められているかも知れないが、空間プロセッサ13はそのチャネル上の全ての遠隔端末の空間シグネチャを使用して、それらが混信を生ずることなくそのチャネルを共用できることを決定する。m受信アンテナ素子及びm送信アンテナ素子を有するシステムにおいては、m遠隔端末までが同一の普通のチャネルを共用することができる。より一般的に言えば、同一の時点で同一の普通のチャネルを占めることができる二地点間多重通信リンクの数は、受信素子の数及び送信素子の数の小さい方の数によって与えられる。

【0054】空間プロセッサ13は、選択されたチャネル及び当該遠隔端末のための計算された多重化及び逆多重化重みを使用して、空間マルチプレクサ23及び空間デマルチプレクサ20を構成する。普通の基地局のように、コントローラ3は遠隔端末に（ダウンリンク制御チャネルを介して）連続通信のために選択されたチャネルにスイッチするように命令する。遠隔端末が、公知のように電力制御能力を有している場合には、以下に説明するようにコントローラ3は、同一の普通のチャネルを共用している他の遠隔端末の電力及び各リンク毎に要求される信号の質のようなパラメータに基づいて、遠隔端末にその電力を適切なレベルに調整するようにも命令する。通信が終了すると、遠隔端末はダウンリンク制御チャネルが次の呼出しを待機するその遊休状態に戻る。これで、その「空間チャネル」は別の遠隔端末のために自由になる。

【0055】

【空間処理—基地局】図6は、空間プロセッサ13のブロック線図である。空間プロセッサ13は、リンク27を介して基地局コントローラ3をインタフェースしてい

る空間プロセッサコントローラ33によって制御される。空間プロセッサコントローラ33は、制御ライン31及び30によって多重チャネル送信機14及び多重チャネル受信機15の利得及び周波数設定を制御する。

【0056】空間プロセッサ13は、現在どの遠隔端末が各普通の通信チャネルを使用しているか、並びにそれらの現在の送信電力レベルをカタログ化している活動遠隔端末リスト34を維持している。現在使用されている変調フォーマット、現在の周波数チャネル内の受信機雑音レベル、及び現在の信号の質要求のような遠隔端末の他のパラメータも格納されている。空間プロセッサ13は、遠隔端末データベース36内に空間シグネチャリスト（代替実施例では、遠隔端末電力制御レベルを含む）も維持しており、それによって受信及び送信用の普通の周波数チャネル及び変調フォーマットのリストを理解できるようにしている。

【0057】遠隔端末データベース36内の空間シグネチャリストは、各遠隔端末毎に動作周波数毎の送信空間シグネチャ $a_{r,p}$ 、及び受信空間シグネチャ $a_{s,p}$ を含んでいる。

【0058】別の実施例では、空間シグネチャの質の推定（例えば、推定誤り共分散）も格納している。前述したように、特定の遠隔端末及び特定周波数チャネルのための送信空間シグネチャ $a_{r,p}$ は、その特定周波数で同一の（等振幅及び位相）単位電力帯域信号が、多重送信機14及び送信アンテナ18（ a, \dots, m ）を通して送信された結果として、その特定遠隔端末に到着したものと想定した相対複素信号振幅のベクトルとして定義され*

$$A_{r,p,p} = \begin{bmatrix} a^1_{r,p,p} \\ \vdots \\ a^n_{r,p,p} \end{bmatrix} \quad (7)$$

ここに $a^i_{r,p,p}$ はチャネル p に割当てられた i 番目の遠隔端末の送信空間シグネチャであり、 n は普通のチャネル p 上の遠隔の合計数である。

$$A_{r,p,p} = [a^1_{r,p,p}, a^2_{r,p,p}, \dots, a^n_{r,p,p}] \quad (8)$$

ここに $a^i_{r,p,p}$ はチャネル p に割当てられた i 番目の遠隔端末の受信空間シグネチャである。

【0063】チャネルセクタ35は、これらのシグネチャ行列の関数を計算し、基地局と新しい遠隔端末との間の通信をこの選択された普通のチャネル上で成功裏に進行できるか否かを評価する。好ましい実施例では、チャ

$$W_{r,p} = S_p \cdot (A_{r,p,p})^{-1} \cdot A_{r,p,p} \quad (9)$$

ここに、 $(\cdot)^{-1}$ は行列の逆数であり、 $(\cdot)^*$ は行列

*る。送信空間シグネチャは、基地局と遠隔端末との間の伝播環境の効果、並びに多重チャネル送信機14、アンテナケーブル、及び送信アンテナ18（ a, \dots, m ）内の何等かの振幅及び位相差を含んでいる。

【0059】特定の遠隔端末及び特定周波数チャネルのための受信空間シグネチャ $a_{s,p}$ は、その特定周波数でその特定遠隔端末から送信された単一の単位電力帯域信号によって多重チャネル受信機16の出力において測定されたと想定される複素信号振幅のベクトルとして定義される。

【0060】基地局コントローラ1が特定の遠隔端末の呼出し初期化要求をリンク27を通して転送すると、チャネルセクタ35は活動遠隔端末リスト34を探索してその遠隔端末を受入れることができる普通の通信チャネルを見出す。好ましい実施例では、受信活動遠隔端末リスト及び送信活動遠隔端末リストが存在し、チャネルセクタ35はこれらのリストを使用して各普通のチャネル毎に多重化及び逆多重化空間信号行列を形成する。各普通のチャネル毎の逆多重化、多重化行空間シグネチャ行列は、そのチャネル上で現在活動中の（使用中の）各遠隔端末の格納された受信及び送信空間シグネチャ、プラス通信チャネルを要求している遠隔端末の適切な空間シグネチャを含む1つまたはそれ以上の列である。

【0061】各チャネル毎の多重化空間シグネチャ行列 $A_{r,p,p}$ （ここに p は、普通のチャネル番号を表す）が、式（7）に示すように送信空間シグネチャを使用して形成される。

※【0062】逆多重化空間シグネチャ行列 $A_{r,p,p}$ は、式（8）に示すように受信空間シグネチャを使用して形成される。

★チャネルセクタ35は、その遠隔端末のための空間多重化及び逆多重化重みを計算し、次いでこれらの重みを使用してリンク性能を推定する。

【0064】図示実施例では、空間多重化重みは、式（9）に与えられている行列 $W_{r,p}$ の行である。

50 の複素共役転置であり、 $A_{r,p}$ は関連する普通のチャネル

19 に関連する多重化空間シグネチャ行列 $A_{r,s}$ であり、
 そして $S_{r,s}$ は送信される信号の振幅を含む (対角) 行列
 である。送信される振幅 $S_{r,s}$ は、好ましい実施例では、*

$$S_{r,s} = (SNR_{r,s} \times N)^{1/2}$$

次にチャネルセクタ 35 は、 $W_{r,s}$ の各行内の要素の平方
 和の和として、送信される平均・平均自乗 (average me-
 an-square) 電圧 (電力) *

$$P_r = \text{diag} (W_r, W_r^H)$$

また、 $W_{r,s}$ の各行内の要素の大きさの和の自乗として、
 送信されるピーク自乗電圧 (電力) P_r を各要素から計算する。即ち、

$$P_r = \text{diag} \{ \text{abs} (W_r) \cdot \text{abs} (W_r^H) \}$$

ここに、 I は適切なサイズの全て 1 の行列であり、 abs
 () は要素規模の絶対値である。チャネルセクタ 35
 は、これらの値と各送信機毎の限界とを各要素毎に比
 較する。もし平均値またはピーク値の何れかが受入れ可
 能な限界を超えれば、当該遠隔端末は候補チャネルに割
 当てられない。そうでなければ、遠隔端末から成功裏に
 受信する能力が調べられる。代替実施例では、送信機限
 界は、与えられた仕様に合致し、且つ考え得る最低重の
 送信電力をもちたす送信重みを計算するための最適アルム 20

$$W_{r,s} = (A_{r,s}, P_r, A_{r,s}^H + R_{r,s})^{-1} A_{r,s}, P_r$$

ここに、 P_r は遠隔端末によって送信される平均自乗振
 幅 (電力) の (対角) 行列であり、 $R_{r,s}$ は基地局受信機
 雑音共分散である。次に、正規化された平均自乗振幅共

$$MSE = P_r^{-1/2} ((1 - W_{r,s}^H A_{r,s}) P_r (1 - W_{r,s} A_{r,s})^H + W_{r,s}^H R_{r,s} W_{r,s}) P_r^{-1/2}$$

ここに ()^{-1/2} は、行列の平方根の複素共役転置を表
 す。MSE の逆数が、空間マルチプレクサの出力にお
 ける予測される信号対雑音+雑音比 (SINR) の推定値 30

$$SINR = MSE^{-1}$$

もし SINR の対角要素の全てが、各遠隔端末から受信する必要がある信号の質に
 基づく望ましいしきい値より上であれば、その遠隔端末
 はそのチャネルにアクセスすることを許される。もし候 *

SINR は不十分であるがその遠隔端末の最大出力電力に到達するか、別の
 遠隔端末の SINR がそのしきい値以下に降下するか

(この場合、もし可能であれば、その電力を増加させ
 る)、または全てのしきい値を超えるまで、遠隔端末電
 力出力を増加させるために同じ計算が再度実行される。
 もし受入れ可能な遠隔端末電力を見出せば、その遠隔端
 末はこの特定の普通のチャネルへアクセスすることが承
 認される。そうでなければアクセスは否認され、別の普
 通のチャネルが調べられる。

[0068] 代替実施例では、逆多重化重みの計算は、
 遠隔端末送信電力を最小にして基地局における推定信号
 を最小の望ましい SINR に合致させるか、または超え
 させる目的で、公知の最適手順を使用して実行される。

[0069] 別の代替実施例では、遠隔端末を受入れる
 普通のチャネルを見出すことができない場合には、現在

* 遠隔端末受信機平均自乗雑音電圧 (N) の (対角) 行
 列、及び式 (10) に与えられている最小希望信号の質
 (SNR_{r,s}) の対角行列を使用して計算する。

(10)

* \bar{P}_r を各要素から計算する。即ち、

$$[0065]$$

(11)

☆ ゴリズムの不等式制約として使用される。もしこれらの
 制約を満足する送信重みが見出されなければ、当該遠隔
 端末は候補チャネルに割当てられない。これらの最適アル
 ゴリズムは公知である。

(12)

[0066] アップリンクを試験するために、チャネル
 セクタ 35 は、 $A_{r,s}$ 、好ましい実施例として式 (1
 3) に与えられている関連する普通のチャネルに関連す
 がある逆多重化空間シグネチャ行列 $A_{r,s}$ を使用して空間
 逆多重化重み $W_{r,s}$ を計算する。

(13)

◆ 分散の予測値が、一実施例では次のようにして計算され
 る。

(14)

* である。

[0067]

(15)

※ 遠隔端末がそのしきい値より下で、その出力電圧を増
 加させる能力を有していれば、未だ
 40 加えられる場合に限り、その遠隔端末のこの時点にお
 ける通信が否認される。

[0070] 周波数分割デュプレクシング (FDD) を
 使用する代替実施例では、遠隔端末は、送受信のために
 固定された普通のチャネルに割当てられることを制約され
 ない。総合システムの復信レベルを最小にするため
 に、異なる周波数デュプレクシングオフセットによって分
 離された送信用及び受信用普通のチャネルに割当てると
 50 ためにチャネルセクタ 35 が特定遠隔端末を選択できるように

になっている十分に柔軟なシステムアーキテクチャが使用される。

【0071】普通のチャネルを既使用している遠隔端末のための空間多重化及び逆多重化重みは、その普通のチャネルに新しい遠隔端末が付け加えられると、それらが大きく変化するのを再計算しなければならない。好ましい実施例では、既に必要計算を行ったチャネルセクタ35は、空間マルチプレクサ23及びデマルチプレクサ20を準備するために使用するに、新しい空間多重化及び逆多重化重みを空間重みプロセッサ37へ送る。代替実施例では、空間重みプロセッサ37はチャネルセクタ35から送られた空間シグネチャ行列を使用して、その普通のチャネル上の全ての遠隔端末のための空間多重

$$A_{i,j} W_{i,j}^* = S_{i,j}$$

なる特性を有していることが分かる。これは、i番目の遠隔端末においてその端末へ送ることを意図された信号が、十分な(ポジティブ・リアル)振幅 $S_{i,j}$ (i, j)をもって受信されることを意味している。 $S_{i,j}$ が0オフ対角要素を有しているということは、i番目の遠隔端末において、送信された他の信号がその遠隔端末によって受信されないことを意味している。このようにして、各遠隔端末は適切な通信を確保するために必要な電力レベ

$$\hat{S} = W^* \cdot \mathbf{z} \cdot \mathbf{z}^H$$

によって与えられる推定された信号

$$S$$

は、最小自乗誤りの点で最も正確である。詳述すれば、これらは、多重アンテナ素子によって基地局においてなされた測定が、与えられた遠隔端末によって送信された信号に最も精密に整合している。式(9)及び(12)は、空間多重化及び逆多重化重みを計算する方法を示したに過ぎない。式(16)に示し、上述したものと類似の特性を表す他の類似戦略が存在する。他の公知の技術は、広帯域幅の普通のチャネルの複数の重み行列 $W_{i,j}$ 及び $W_{i,j}^*$ を計算するのに空間シグネチャ行列 $A_{i,j}$ 及び $A_{i,j}^*$ を断片的、より複雑な電力及びダイナミックレンジ制約を組み入れることができる。

【0074】

【空間シグネチャの決定】図6に示すように、空間プロセッサ13は、遠隔端末の空間シグネチャを見出すための空間シグネチャプロセッサ38をも含んでいる。図示の実施例では、空間シグネチャプロセッサ38は、同時出願された米国特許出願08/234,747に記載されている構成技術を使用している。

【0075】図示実施例では、各遠隔端末は、遠隔端末43によって受信された信号を基地局1へ送り返すように送信する較正モードに入ることができる。図7の実施例では、この機能はスイッチ制御信号64を通して遠隔端末CPU 62によって制御されているスイッチ63

*化及び逆多重化重みの異なる集合を計算する。

【0072】次に空間重みプロセッサ37は、新しい空間逆多重化重みを空間デマルチプレクサ20へ、また新しい空間多重化重みを空間マルチプレクサ23へ送り、活動遠隔端末リスト34を更新し、そして空間プロセッサコントローラ33へ通報し、空間プロセッサコントローラ33自体は選択されたチャネルの基地局コントローラ3へ通報する。それによって基地局コントローラ3は、ダウンリンク制御チャネルを使用してその遠隔端末へメッセージを送信し、その遠隔端末に望ましい普通のチャネルへスイッチするように指令する。式(9)から、多重化重み行列 $W_{i,j}$ が、

$$(16)$$

※ルで、それに宛てられた信号だけを受信する。代替実施例では、 $A_{i,j}$ の誤り及び/または変化の効果を最小にするために、基地局送信電力レベルの設定及び重みの計算の中に $A_{i,j}$ の推定の不確実性が組み入れられている。

【0073】同様に、基地局において、式(13)に与えられている特定の逆多重化重みは受信機空間シグネチャ及びその遠隔端末から送信された電圧(電力)の知識に基づいて調整された特性を有しており、

$$(17)$$

によって与えられる。

【0076】遠隔端末の送信及び受信空間シグネチャを決定するために、空間シグネチャプロセッサ38は、ダウンリンクチャネルを通して遠隔端末に命令を送信することによって、遠隔端末に較正モードに入るように命令する。この命令は、空間プロセッサコントローラ33からの要求に基づいて基地局コントローラ3によって生成され、信号変調器24によって変調される。次に空間シグネチャプロセッサ38は、送信機制御データ31及び空間プロセッサコントローラ33を介して多重チャネル送信機17(a,...,m)に指令することによって、遠隔端末が占有している普通のチャネル上に所定の較正信号11を送信させる。この実施例においては、所定の較正信号11の中のm(各アンテナポート)の信号は、異なる周波数複素シフトである。別の実施例では、所定の較正信号11は何等かの公知の特徴的な信号である。

【0077】図7に示す遠隔端末は、遠隔端末において受信した信号を送り返す。このトランスポンドされた信号は、図1に示す基地局1の多重チャネル受信機15によって受信され、図6に示す空間シグネチャプロセッサ38へ供給される。前記出願08/234,747に記載されている実施例では、空間シグネチャプロセッサ38は、受信された信号測定6及び所定の較正信号11から、遠隔端末の受信及び送信空間シグネチャを以下のよう計算する。受信データの時間サンプルが、 $m \times n$ データ行列Z内に格納される。これは、雑音及びパラメータオフセット

(13)

23

がない場合には次式によって与えられる。

$$Z = k a_{..}, a_{..}, S$$

ここに、Sは所定の較正信号の $m \times n$ 行列であり、kは基地局に送り直す前に送隔端末内で信号を増幅する既知の量である。受信空間シグネチャはデータ行列Zの最大シグネチャ値 (σ_{\max}) に対応する特異ベクトル (u_1) に比例する。単位電力信号を送隔端末から送信し、それ※

$$a_{..} = g_{..}, u_1 / u_1(1)$$

ここに、 $u_1(1)$ は u_1 の第1要素である。 $a_{..}$ が知られ★すると、 $a_{..}$ は、

$$a_{..} = k^{-1} (u_1 / u_1(1)) \uparrow Z S \uparrow$$

によって計算される。ここにB↑は、行より列の方が多いフル・ランク行列Bの場合に、 $B B \uparrow = I$ (恒等行列) を満足する行列Bの共知のムーア・ペンローズ擬似反転である。列より行の方が多いフル・ランク行列Bの場合には、 $B \uparrow B = I$ である。これも前記出願08/234,747に記載されている代替実施例では、共知の技術を使用してシステム内に存在する雑音及び発振器周波数オフセットのようなパラメタ変化を斟酌している。

【0080】空間シグネチャプロセッサ38は、新しい空間シグネチャを送隔端末データベース36内に格納する。完了すると、空間シグネチャプロセッサ38はダウンリンクチャネルを通して命令を送信し、送隔端末に較正モードから出るように命令する。

【0081】一つの代替実施例においては、送隔端末送信空間シグネチャの計算を送隔端末が直接実行することができる。送隔端末のこの実施例を図8に示す。較正モードでは、空間シグネチャプロセッサ38は、上述したように、送隔端末によって較正される普通のチャネル上に所定の較正信号11を送信する。送隔端末CPU62は受信した較正信号44、及び既知の送信された波形を使用し、先行実施例において空間シグネチャプロセッサ38が使用したのと同じ技術を使用して送隔端末の送信空間シグネチャを計算する。計算された送信空間シグネチャは変調器51及び送信機54を通して、送信される制御データ52として基地局1へ送り返される。基地局1によって受信されると、空間シグネチャプロセッサ38はこの新しい送信空間シグネチャを送隔端末データベース36内に格納する。各送隔端末は独立的にこの送信空間シグネチャ計算を実行するので、この配列によれば、多数の送隔端末は同一の普通のチャネル上のそれら自体の送信空間シグネチャを同時に計算することができる。この実施例においては、送隔端末受信空間シグネチャは、先行実施例におけるのと同様に空間シグネチャプロセッサ38によって計算される。

【0082】これらの技術を使用すると、空間シグネチャプロセッサ38は、特定のチャネルが遊休である何れかの時点で、そのチャネルのための送隔端末送信及び受信空間シグネチャを測定することができる。これらの較正技術は効率が高いので、空間シグネチャプロセッサ38は短時間の間特定のチャネルを占有するだけで、その

* * 【0078】

(18)

※をアンテナ素子1によって基地局において受信するようになると、受信空間シグネチャのための必要スケールン $g_{..}$ が得られる。

【0079】

(19)

(20)

チャネルについて多数の送隔端末の空間シグネチャを更

新できる。
【0083】送隔端末の空間シグネチャを求める他の多くの技術も使用可能である。若干の無線周波数環境においては、送隔端末のための空間シグネチャは、m受信アンテナ19 ($a_{..}, \dots, m$) の地理的配列と、それらの個々の方向性パターン (ある基準に対する到着の角度の個数としての素子利得及び位相)、及び基地局から送隔端末までの方向の知識に基づき共知の技術を使用して決定することができる。更に、ESPRIT (米国特許第4,750,147号及び第4,965,732号) のような技術を使用し、それらの理論的には知られていない応用の方向を推定することができる。

【0084】同様に、共知のように、送隔端末によって送信される基礎をなす信号の何らかの所定の空間フォーマットパラメタの知識 (例えば、若干の訓練用またはプリアンブルシーケンスの知識、または信号が定式化ラズであることの知識) を使用して、送隔端末のための受信空間シグネチャを決定することもできる。さらなる例は、これらも共知のように、受信データを復調して再変調して、元の被変調信号の推定を生成する決定・指示 (decision-directed) のフィードバック技術である。これらの技術によれば、単一の普通のチャネルを複数の送隔端末が占めていても、受信空間シグネチャを推定することができる。

【0085】若干の無線周波数環境においては、共知のように、送隔端末の位置、及び基地局送信アンテナの位置及び方向性パターンの知識を使用して送隔端末のための送信空間シグネチャを明確に計算することができる。これは、送隔端末の部分に特別な能力を必要としない。

【0086】もし、受信している信号の強度を測定して報告する能力を送隔端末が有していれば、システムはこの情報を使用して送信空間シグネチャを導出することができる。但し、これは送隔端末が完全トランスポンダ能力を有している図7に示す実施例、または送隔端末がその送信空間シグネチャを直接計算する図8に示す実施例よりは低効率の手法である。送信空間シグネチャは、以下のように、送隔端末からの受信信号電力報告だけに基いて決定される。まず、空間シグネチャプロセッサ38がある時点でmアンテナ素子の2つから同一の単位電

力信号を送信する。次に空間シグネチャプロセッサ38は、遠隔端末から信号を受信しなくなったという報告があるまで、2つの信号の一方の振幅及び位相を変化させる。素子1からの単位電力信号を0にするのに必要なアンテナ素子2乃至mのための検索重みの集合の符号を変化させ、反転してその遠隔端末のための送信空間シグネチャを発生させる。

【0087】更に別の実施例では、システムは「閉ループ」技法で、遠隔端末の空間システムを連続的に更新するように設計することができる。これは、例えば遠隔端末の移動、または無線周波数伝播状態の変化に起因して、空間シグネチャの時間変化を斟酌することによってなされる。これを行うために、基地局及び遠隔端末は、所定の訓練用シーケンスを定期的に送信する。特定のチャネル上で現在活動している各遠隔端末には異なる所定の訓練用シーケンスが割当てられ、その特定チャネル上で現在活動している他の全ての遠隔端末にはその訓練用シーケンスが与えられる。一実施例では、異なる訓練用シーケンスは、その訓練用シーケンス波形の何れか2つの内積が0であることから直交である。訓練用シーケンスが送信される各時点に各遠隔端末は、公知の技術を使用して、どれ程多くの各訓練用シーケンスを受信したかを計算し、この情報を基地局へ送信する。

【0088】図示の実施例では、基地局は受信機出力と送信された波の知識とを使用して遠隔端末受信空間シグネチャを計算する。別の実施例では、基地局は、各遠隔に送信された訓練用シーケンスのどれ程多くが、空間デマルチプレクサの各出力（結合係数の検索ベクトルとして表される）を通して到来したかを計算する。これらの結合係数を知ることによって、公知技術を使用して、現在活動中の受信及び送信空間シグネチャを補正して相互干渉を減少させることができる。

【0089】最後に、全二重通信のために時分割デュプレックス（TDD）を使用するシステムにおいては、公知のように送信及び受信周波数は同一である。この場合公知の相反の原理を使用して、送信及び受信空間シグネチャを直接的に関係付ける。即ち、この実施例は一方のシグネチャ（例えば、受信空間シグネチャ）だけを決定し、他方のシグネチャ（この場合には、送信空間シグネチャ）は第1の（受信）空間シグネチャと、多重チャネル受信機15及び多重チャネル送信機14の相対位相及び振幅特性の知識とから計算される。

【0090】

【ネットワークレベル空間処理】図示の実施例では、セルラ状ワイヤレス通信システム内の各基地局毎の空間プロセッサは、関係が一番近いセル内の通信チャネルの数を最大にするように独立に動作する。しかしながら、各基地局からの空間プロセッサが他の近隣セルからの空間プロセッサと通信し、その努力を調整することによってシステム容量の大幅な改善を実現することができる。

特定の実施例を図9に示す。

【0091】多重基地局コントローラ66は、広域ネットワーク65（リンク68を通して）、基地局1（a、b、c）（基地局通信リンク2（a、b、c）を介して）との間のインタフェースとして動作する。各基地局は、多数の遠隔端末にカバレッジを提供する責任に割当てられ、従ってセル境界67（a、b、c）が限定され、これらの境界の中に特定の基地局に所属する全ての遠隔端末が位置している。図中、遠隔端末69を装備したユーザは箱入り「R」によって識別されている。

【0092】基地局1（a、b、c）内に含まれている各空間プロセッサは、そのセル内の遠隔端末の空間シグネチャ及び隣接セル内の遠隔端末の空間シグネチャを測定して格納する。隣接セル内の遠隔端末の空間シグネチャの決定は、基地局通信リンク2（a、b、c）を通して多重基地局コントローラ66によって調整される。基地局通信リンク2（a、b、c）及び多重基地局コントローラ66を通して、隣接セルの基地局1（a、b、c）内の空間プロセッサは、普通のチャネルを通してそれらが通信している遠隔端末のことを互いに通報し合う。各空間プロセッサは、現在隣接セル内で活動している遠隔端末の空間シグネチャを含んでいて拡張された送信及び受信空間シグネチャ行列 $A_{a,}$ 及び $A_{a,}$ を形成しており、これらは全ての隣接基地局へ送られる。各基地局内のチャネルセクタは、これらの拡張されたシグネチャ行列を使用して、遠隔端末を各基地局1（a、b、c）内の各普通のチャネルに連带的に割当てる。

【0093】次いで、拡張された空間シグネチャ行列 $A_{a,}$ 及び $A_{a,}$ を使用して、各基地局毎の、結果的な重み行列 $W_{a,}$ 及び $W_{a,}$ が計算される。重みを計算する目的は、隣接セルの活動遠隔端末へ送信され、それらの遠隔端末から受信する信号を最小にしてより多くの遠隔端末が同時に通信できるようにすることである。

【0094】代替実施例では、多重基地局コントローラ66は、活動遠隔端末/基地局/普通のチャネルリンクのリスト、関連遠隔端末データベース、及び割当てられるリンクに対する特定要求を動的に使用して、アクセスを要求している遠隔端末を基地局へ割当てる。更に、遠隔端末は多重（指向性）送信及び受信アンテナを使用し、多重基地局コントローラ66によって指令された複数の隣接基地局への方向性リンクを容易にし、それによってシステム容量を更に増加させることが可能である。

【0095】

【発明の効果】本発明による装置及び方法は、多くの遠隔端末が同一の普通の通信チャネルを同時に共有できる点が、従来技術に比して重要な長所である。評述すれば、m受信アンテナ素子及びm送信アンテナ素子を有するシステムの場合、m遠隔端末までの遠隔端末が単一の普通の通信チャネルを共有することができる。更に、遠

隔端末から受信される、及び遠隔端末へ送信される信号は、標準基地局に比して、実質的に改善された信号対雑音比、減少した遅延、及び多重経路環境における改善された質を有している。

【0098】以上のように、ワイヤレス通信システムは、同一量のスペクトルで、より多くの会話を多数回支援するか、または遅かに大きいデータ処理能力を有することができる。代替として、ワイヤレス通信システムは、遅かに少ないスペクトルで、同数の会話またはデータ処理能力を支援することができる。

【0097】

【代替実施例】一つの代替実施例では、基地局1における送信アンテナ18 (a, ..., m) 及び受信アンテナ19 (a, ..., m) は、mアンテナの単一のアレイによって置換されている。このアレイ内の各素子は、デュプレクサによって、多重チャネル送信機14のそれぞれの成分、及び多重チャネル受信機15のそれぞれの成分の両方に所属される。

【0098】別の実施例では、アップリンク制御チャネル上の信号は、同時出願された特許出願07/806,695に記載の空間処理を使用して実時間で処理することができる。これにより、多くの遠隔端末が同時にある通信チャネルを要求することが可能になる。

【0099】データの短いバーストまたはパケットのデータ転送を含む応用のための更に別の実施例では、分離したアップリンク制御チャネルは必要なく、システムは通信間隔を用いて存在させた制御時間間隔中に通信及び他の制御機能のための要求にサービスすることができる。

【0100】上述したように、遠隔端末無線の空間シグネチャを測定し、これらの空間シグネチャを使用して同一の普通の通信チャネル上で多重同時会話及び/またはデータ転送を可能ならしめる多重化及び逆多重化重みを計算する多くの技術が知られている。

【0101】以上の説明には多くの仕様が含まれているが、これらによって本発明の範囲を制限する意図はなく単に一つの好ましい実施例に過ぎないことを理解された。従って、本発明の範囲は図示実施例によって決定すべきではなく、請求の範囲によってのみ限定されることを理解されたい。

【図面の簡単な説明】

【図1】 本発明による基地局の機能図である。

【図2】 基地局内の多重チャネル受信機の機能ブロック図である。

【図3】 基地局内の空間デマルチプレクサの機能ブロック図である。

【図4】 特定の普通のチャネル上の1つの遠隔端末の空間マルチプレクサを示すブロック図である。

【図5】 基地局内の多重チャネル送信機の機能ブロック図である。

【図6】 基地局内の空間プロセッサの機能ブロック図である。

【図7】 トランスポンダスイッチを有する遠隔端末の機能ブロック図である。

【図8】 遠隔端末の機能ブロック図である。

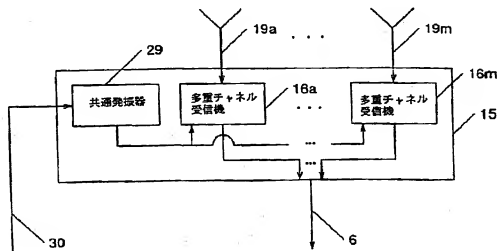
【図9】 3つの基地局及び複数の基地局コントローラからなるネットワークシステムの概要図である。

【符号の説明】

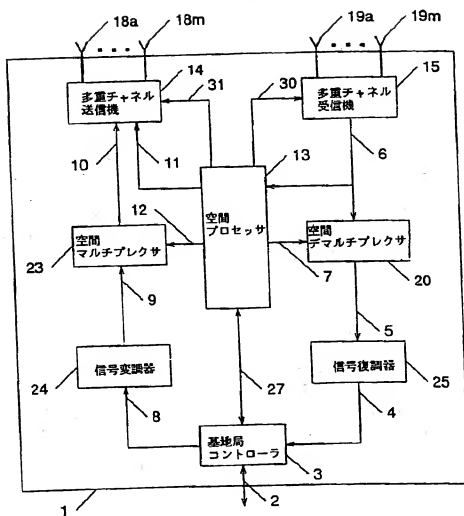
- 1 基地局
- 2 基地局通信リンク
- 3 基地局コントローラ
- 4 復調された受信信号
- 5 空間的に分離されたアップリンク信号
- 6 受信信号測定
- 7 逆多重化重み
- 8 指向的に送信されるデータ
- 9 送信される多重化被変調信号
- 10 変調され、空間的に多重化された被送信信号
- 11 送信される校正信号
- 12 多重化重み
- 13 空間プロセッサ
- 14 多重チャネル送信機
- 15 多重チャネル受信機
- 16 a 多重チャネル受信機
- 16 m 多重チャネル受信機
- 17 a 多重チャネル送信機
- 17 m 多重チャネル送信機
- 18 a 送信アンテナ
- 18 m 送信アンテナ
- 19 a 受信アンテナ
- 19 m 受信アンテナ
- 20 空間デマルチプレクサ
- 21 加算器
- 22 a 乗算器
- 22 m 乗算器
- 23 空間マルチプレクサ
- 24 信号変調器
- 25 信号復調器
- 26 a 乗算器
- 26 m 乗算器
- 27 空間制御データ
- 28 空間パラメータデータ
- 29 受信機共通発振器
- 30 受信機制御データ
- 31 送信機制御データ
- 32 送信機共通発振器
- 33 空間プロセッサコントローラ
- 34 活動遠隔端末リスト
- 35 チャネルセクタ
- 50 36 遠隔端末データベース

- 29
- 37 空間重みプロセッサ
38 空間シグネチャプロセッサ
39 遠隔端末アンテナ
40 遠隔端末デュプレクサ
41 遠隔端末デュプレクサ出力
42 遠隔端末受信機
43 遠隔端末受信信号
44 遠隔端末受信校正信号
45 遠隔端末復調器
46 遠隔端末の復調されたデータ
47 遠隔端末キーボード及びキーボードコントローラ
48 遠隔端末キーボードデータ
49 遠隔端末ディスプレイデータ
50 遠隔端末ディスプレイ及びディスプレイコントローラ
51 遠隔端末復調器
52 遠隔端末被送信データ
53 遠隔端末の復調された被送信データ
- * 54 遠隔端末送信機
55 遠隔端末送信機出力
56 遠隔端末送信機制御データ
57 遠隔端末受信機制御データ
58 遠隔端末マイクロホン
59 遠隔端末マイクロホン信号
60 遠隔端末スピーカ
61 遠隔端末スピーカ信号
62 遠隔端末中央処理ユニット
10 63 遠隔端末トランスポンダスイッチ
64 遠隔端末トランスポンダスイッチ制御
65 広域ネットワーク
66 多重基地局コントローラ
67 a セル境界
67 b セル境界
67 c セル境界
68 高速メッセージリンク
* 69 遠隔端末

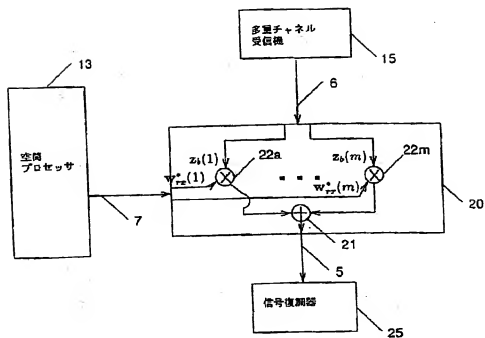
【図2】



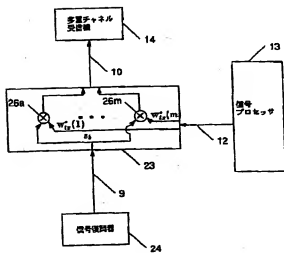
【図1】



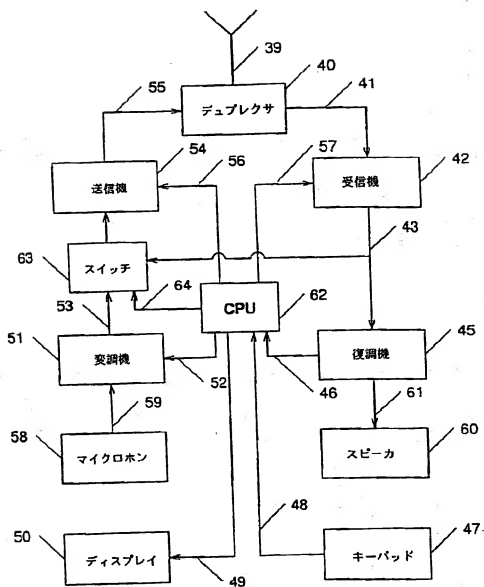
【図3】



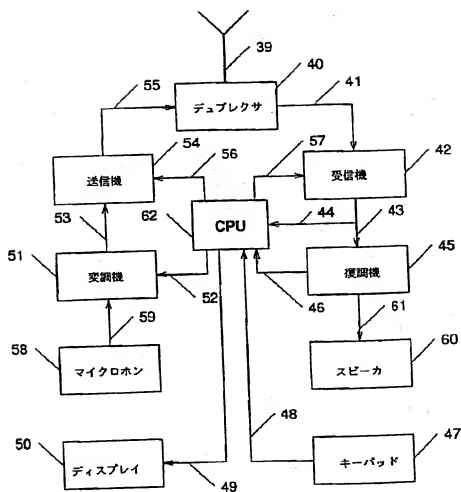
【図4】



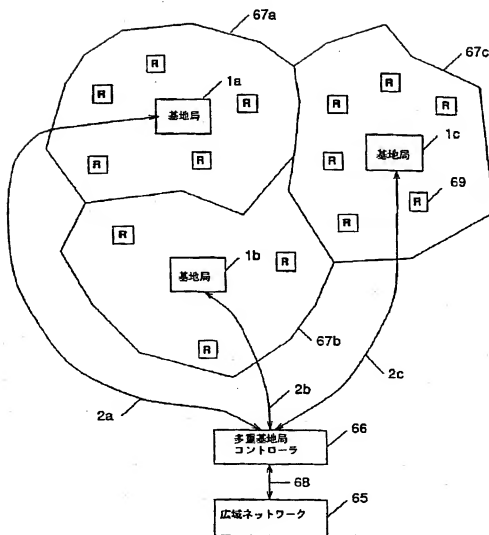
〔図 7〕



【図8】



【図9】



フロントページの続き

(72)発明者 バリシュ ディヴィッド エム
 アメリカ合衆国 ニューヨーク州 14226
 アムハースト ハイ パーク プールヴ
 ァード 122

(72)発明者 ロイ リチャード エイチ ザー サード
 アメリカ合衆国 カリフォルニア州
 94040 マウンテン ヴィュー シャディ
 ー スプリング レーン 3351

Fターム(参考) SK022 FF00
 SK067 AA13 B804 CC02 CC04 CC10
 EE02 EE10 EE16 H421 KK03
 KK13